

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ

**А.И. СУРУС, А.В. БЛОХИН, С.Е. БЕЛЬСКИЙ,
М.Н. ПИЦОВ, А.М. ЛОСЬ**

Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь

Механика высокоточных систем и механизмов – это область инженерной науки, где точность, надежность и устойчивость играют ключевую роль. Основные особенности, которые отличают такие системы от обычных технических решений:

- микро- и наномасштабы. Используются компоненты и узлы, работающие на микроуровне (например, микроэлектромеханические системы), что требует особого подхода к расчетам и материалам;
- высокая точность позиционирования. Применяются приводы и датчики, обеспечивающие точность до микронов и даже нанометров;
- мехатронный подход. Системы строятся на синергии механики, электроники и программного обеспечения. Это позволяет реализовать интеллектуальное управление и адаптацию к внешним условиям;
- минимизация люфтов и вибраций. Используются специальные материалы, демпфирующие элементы и конструкции, снижающие нежелательные колебания;
- учет термодформаций. Даже малейшие изменения температуры могут повлиять на точность. Поэтому в расчетах учитываются тепловые расширения, а конструкции часто включают термостабилизирующие элементы;
- использование композитных и умных материалов. Включение материалов с заданными свойствами (например, изменяющих форму под действием электрического поля) позволяет создавать адаптивные механизмы [1];
- цифровое моделирование и оптимизация. Применяются методы вычислительной механики, включая конечные элементы, топологическую оптимизацию и др. [2].

Отмеченные особенности высокоточных систем и механизмов определяют особенности проектирования их деталей.

Проектирование деталей точной механики требует высокой точности, глубоких знаний материаловедения, механики и технологии производства.

Ключевыми особенностями проектирования деталей точной механики, которые отличают этот процесс от общего машиностроительного проектирования являются:

- высокие требования к точности и допускам. Детали точной механики часто работают в условиях микроскопических зазоров. Требуются минимальные отклонения формы, размеров и положения – вплоть до микронов;

- применение материалов с высокой стабильностью. Материалы должны обладать высокой износостойкостью и стабильностью размеров. Используются сплавы с низким коэффициентом теплового расширения (например, инвар);

- минимизация деформаций. Конструкции проектируются с учетом внутренних напряжений, вибраций и термических воздействий.

Часто применяются специальные методы термообработки и стабилизации;

- технологичность изготовления. Детали должны быть пригодны для высокоточной обработки: шлифовки, электроэрозионной обработки, лазерной резки;

Учитываются возможности оборудования для обработки и контроля (станков с ЧПУ и автоматизированных систем контроля);

- сборка и юстировка. Проектирование включает допуски на сборку, возможность юстировки и компенсации погрешностей.

Часто применяются прецизионные соединения: натяг, вакуумная посадка, клеевые технологии;

- надежность и долговечность. Детали работают в условиях высокой цикличности, поэтому важно учитывать усталостную прочность.

Применяются методы прогнозирования ресурса и отказов.

Особенности проектирования деталей БПЛА заключаются в необходимости обеспечения оптимального баланса прочности, жёсткости и минимального веса путем использования легких и прочных материалов, таких как углепластики, стекловолокно и алюминиевые сплавы, а также в применении специальных методов производства для снижения себестоимости и выпуска небольших партий деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев Ю.А. Основы инженерной механики. – М.: Машиностроение, 2020.
2. Тетяев В.П. Вычислительная механика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021.